

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-116309

(43) 公開日 平成8年(1996)5月7日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/14  
10/135  
10/13

H 0 4 B 9/ 00

Q

H 0 1 L 31/ 02

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-279913

(22) 出願日 平成6年(1994)10月18日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 米村 隆元

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住

友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 山添 良光

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住

友電気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 弁理士 川瀬 茂樹

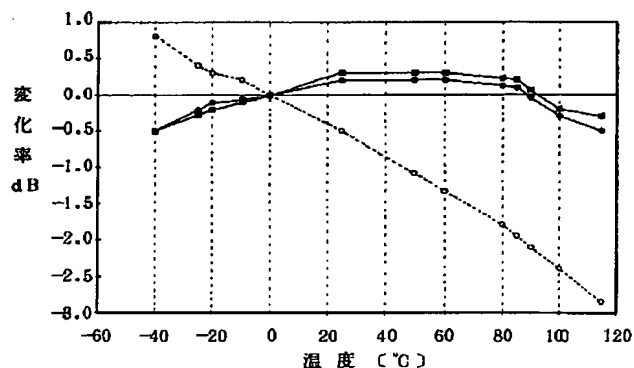
(54) 【発明の名称】 青色発光素子を用いた耐熱光リンク

(57) 【要約】

【目的】 自動車のエンジンのように高温であって電氣的ノイズの大きい部位にも使用できるような耐熱性に富む光リンクを提供すること。

【構成】 青色発光素子を光源に用いる。従来の赤色発光素子に比べてバンドギャップが広いので温度による発光出力、歪みなどの変化が少なくなる。

LEDの温度特性  
0℃を基準とした変化率



—●— 青色LED/No.1  
—■— 青色LED/No.2  
---○--- 赤色LED

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 青色発光する発光ダイオードと、青色領域の光を透過するプラスチック光ファイバと、青色領域に受光感度を有する受光ダイオードを用い、デジタル信号又はアナログ信号を発光ダイオードによって青色光の信号に変換し、青色光をプラスチック光ファイバの中に伝搬させ、受光ダイオードによって青色光を受光してデジタル信号またはアナログ信号に復調するようにしたことを特徴とする青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

【請求項2】 青色発光する発光ダイオードチップまたは青色領域に感度を有する受光ダイオードチップ或いはその両方が、高融点の合金材料によってリードフレームにダイボンドされ、ダイオードチップの同一の電極とリードフレームの間が2本以上のワイヤ或いはリボンワイヤによってワイヤボンディングされ、リードフレームとダイオードチップの全体が耐熱性の透明プラスチックによってモールドされたプラスチックパッケージを用いることを特徴とする請求項1に記載の青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

【請求項3】 青色発光する発光ダイオードチップまたは青色領域に感度を有する受光ダイオードチップまたはその両方が、窓を有するメタルカン型のパッケージのシステムに高融点合金材料によってダイボンドされているメタルカン型パッケージを用いることを特徴とする請求項1に記載の青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

【請求項4】 発光ダイオードチップを制御するICチップが発光ダイオードチップと同一のパッケージに一体に実装されていることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

【請求項5】 受光ダイオードチップを制御するICチップまたは受動チップ部品が、受光ダイオードチップと一体に実装されている事を特徴とする請求項2、請求項3又は請求項4に記載の青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

【請求項6】 発光ダイオードチップおよび受光ダイオードチップの電極表面層がアルミニウムを主材料とし、リードフレーム側電極またはパッケージ側電極の表面層もアルミニウムを主材料とし、ダイオードチップの電極とリードフレーム側電極又はパッケージ側電極とを接続するワイヤ又はリボンワイヤもアルミニウムを主材料とすることを特徴とする請求項2、請求項3、請求項4或いは請求項5に記載の青色発光素子を用いた耐熱光リンク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車のエンジンルーム内の信号伝達、或いは自動車のエンジン室と車室の間の信号伝達など、高温度にさらされる場所で使用する光通信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、自動車用光通信システムとしては、赤色発光ダイオード（以下発光ダイオードはLEDと略記することもある）とプラスチック光ファイバと、シリコンフォトダイオードが用いられてきた（フォトダイオードは以下PDと略記することがある）。

【0003】 図8に従来例に係る自動車の光通信装置を示す。このシステムは、光送信モジュール50、光ファイバ51、光受信モジュール52の3つの構成要素からなる。この光通信装置はデジタル信号を伝送する。送信側のデジタル電気入力53が、光送信モジュール50の駆動回路54に入り、これが発光ダイオード55を変調する。発光ダイオード55の信号を含む光は、光コネクタ56から光ファイバ51に入る。光ファイバ51を伝搬した光は、光コネクタ57を通り、光受信モジュール52の、受光ダイオード58に入射する。逆バイアスされている受光ダイオードの光電流は増幅回路59によって増幅されて、二値化回路60でデジタル信号に変えられて電気出力61となる。

【0004】 図9はモジュールの自動車内における位置を示す。実際は双方向に通信するので、いずれのポートも光送信モジュールと光受信モジュールを備える。合わせて光送受信モジュールということもある。車室内のコンピュータ62が、光リンク63（光ファイバ）により、エンジン室64内の電子制御ユニット65に結合される。

【0005】 発光素子としては、AlGaAs、GaAsP等の赤色発光ダイオードが用いられる。光ファイバとしては、PMMA（ポリメチルメタクリレート）系のプラスチックファイバが使われる。プラスチックファイバは、石英ファイバよりも安価であるし、コア径が大きく扱い易いためである。プラスチックファイバは赤色領域で伝送ロスが少ない。ために赤色発光ダイオードが用いられる。

【0006】 つまり、プラスチックファイバの使用が、発光素子として赤色のものを要求するのである。赤色の発光素子は既に多くの分野で使われており、実績もある。さらに安価でもある。赤色発光素子が最も安価で入手しやすいということも原因のひとつである。ここで赤色とは、波長が600nm～700nmの光を意味する。この範囲でプラスチックファイバの損失が小さい。受光素子は発光ダイオードの発光波長にあったシリコンが用いられる。このように、プラスチックファイバを伝送に使うので、赤色用の発光素子、赤色用の受光素子が用いられるという事情にある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 従来の自動車の光送受信装置は、赤色の発光ダイオード（LED）を使っている。ところが赤色の発光ダイオードは温度特性が悪い。高温になると発光効率が低下するという難点がある。図3に発光素子の温度特性を示す。横軸が温度であり、一

40℃～115℃の範囲である。縦軸はこの範囲での同一電流に対する発光量を、0℃での値に対する増減値として示す。破線が赤色発光ダイオード（LED）の温度特性を示す線である。

【0008】赤色発光ダイオードは高温で著しく発光量が低下する。50℃で-1.1dBに下がる。80℃で-1.8dBに下がる。120℃で-3dB程度低下する。このために従来のような赤色発光ダイオードを用いるものは高温になる場所には利用できない。エンジン室の内部はかなりの高温になる。従来の光送受信装置はエンジン室には設置できなかった。赤色のLEDを用いるからである。そこで、エンジン室との信号のやり取りには電気ケーブルが用いられる。エンジン以外の部分との通信には光を、エンジン室との信号の交換には電気信号を使うという並存の状態にある。

【0009】ところが、近年、高速の信号伝達を必要とする電子制御ユニットがエンジン室に搭載されるようになってきた。例えば、ABS（アンチスキッドブレーキシステム）や電子燃料噴射制御システムが進歩し高度化しつつある。動力系統を制御するためには、1Mbps以上の高速信号伝送が必要になろう。このように信号伝送の速度が速くなると、ノイズに弱くなる。エンジン室は電氣的なノイズも多い部位である。例えばスパークノイズ等の強いノイズが常時発生する。これが電気ケーブルに重畳すると、誤った信号伝送がなされる。また電気ケーブルが高周波発信源となって他の装置に悪影響を及ぼすことがある。

【0010】つまりエンジン室のように電氣的なノイズの多い場所は、電気信号を電気ケーブルによって伝送するというのが不適当なのである。エンジン室こそノイズに強いデータ伝送系が必要である。エンジン室には、電氣的ノイズの影響を受けずまた電氣的ノイズを放射しない光通信システムが望まれている。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の光通信装置は、青色発光する発光ダイオードと、青色領域の光を透過するプラスチックファイバと、青色領域に感度を有する受光ダイオードを用いて構成する。前述のような難点を解決するために、本発明は青色光を使って信号伝送する装置を提案する。青色の発光素子は、赤色発光素子よりも発光量の温度依存性が少ない。エンジン室のように高温の雰囲気でも、発光特性が殆ど低下しない。受光素子も青色を受光できるものを用いる。ファイバも青色を低損失で通すことができるものを使う。さらにファイバは高温に耐えるものとしなければならない。このような高温に耐え青色光を通す光ファイバが製造できるようになってきた。

【0012】ここで青色というのは、0.42μm～0.55μmの波長の光を意味する。この範囲の光を発生する半導体はバンドギャップが2.2eV～3.5e

Vの範囲にある。例えば、GaN、SiC、GaP等の半導体発光素子を用いる。発光ダイオード、受光ダイオードの取り付け法には幾つかの方法がある。例えば青色発光素子チップ、受光素子チップはリードフレームに取り付け透明プラスチックによってモールドする。比較的安価な実装方法である。透明のプラスチックで覆うのは、空気や水分を遮断して素子を保護し、信号光のみを通すためである。

【0013】受光素子、発光素子を高融点合金を用いてリードフレームの上にダイボンドする。高融点材料を使うのは接合部に耐熱性を与えるためである。また同一電極間を複数本のワイヤによってワイヤボンディングすることが望ましい。あるいはリボン状のワイヤを使ってワイヤボンディングすると良い。これは何れも導電線と電極の接合部分を二重にし、或いは拡張して断線の惧れをなくすためである。たとえ1本のワイヤが外れたり切れたりしても他のワイヤが付いているから導通が保たれる。複数本ワイヤ、リボンワイヤを用いると、導電線の抵抗を下げて、導電線による高速信号の減衰や歪みを防ぐという副次的な作用もある。

【0014】さらに同一のリードフレームの上に受光素子信号を増幅するICチップ、コンデンサチップ、或いは発光素子を制御（駆動）するICチップをも設けることもできる。こうすると素子の数が減って全体としての体積も減少し、信頼性も高揚する。あるいは受光素子、発光素子はメタルカン型のパッケージに收容されているものを用いても良い。この場合はメタルが耐熱性を持っているので素子チップ自体とチップとステムの接合に耐熱性があれば良い。メタルカンには上方に窓があって光を透過するようになっている。

【0015】メタルカンパッケージを用いる場合も、ステムにチップを、高融点合金材料によりダイボンドするのが望ましい。また複数本のワイヤや、リボンワイヤを用いるのが良い。さらに制御用、増幅用ICを同じパッケージに収納すると便利である。ただしこれらの工夫は、従来の赤色発光素子を用いる光リンクに於いてもなされていたことである。高融点材料によってチップをリードフレームやステムにダイボンドするというのは、本発明に特有の工夫である。これも耐熱性を賦与するためである。

#### 【0016】

【作用】本発明は信号を、青色光によって伝送する。本発明の青色というのは0.42μm～0.55μmの光を意味する。波長が短い青色光はバンドギャップが広い半導体の素子から発生する。バンドギャップ（禁制帯幅）の広い半導体は、一般に温度変化の影響が少ない。表1に肉眼で感じる色と波長の関係を示す。

#### 【0017】

##### 【表1】

表1. 肉眼に感じる光の波長

色	波長 (μm)
青 色	0.43~0.49
ブルーグリーン	0.5付近
緑	0.49~0.55

【0018】肉眼には、0.43 μm~0.5 μmの波長の光が青に見える。0.5 μm~0.55 μmは青緑に近い。本発明はこの範囲を含む波長の青色光を用いる。また0.42 μm~0.43 μmの光も本発明では青色に含める。この範囲(0.42 μm~0.55 μm)の波長の光を発生する発光素子は温度変化の影響が少ない。光通信装置つまり光リンクは発光素子、光ファイバ、受光素子の三要素からなる。本発明は青色光を信号媒体にする。最も特徴的なのは発光素子の選択にある。しかし光ファイバ、受光素子もこれに適合したものを選ぶ必要がある。それゆえ三要素に分けて本発明を説明する。

【0019】【①発光素子】実際には発光素子が放出する光はある程度の広がりを持つ。スペクトルが狭い場合はその中心波長が上記の範囲にあれば良い。発光波長域が広い場合は最大発光波長がその範囲内にあれば良い。青色発光のために、Ga<sub>2</sub>N、SiC(He<sub>2</sub>x)、GaP或はIII-V族半導体の混晶、II-VI族の化合物半導体を用いる。II-VI族半導体としてはZnS、ZnSe、ZnCdS、ZnMgSSeなどを使うことができる。

【0020】図10に発光素子に利用できるWurtzite結晶の格子定数(A)と、バンドギャップ(eV)、バンドギャップに対応する波長λ(μm)の関係の概要を示す。Ga<sub>2</sub>Nはバンドギャップが3.4 eV、SiCはバンドギャップが2.8 eVである。ZnSは3.5 eV、ZnSeは2.7 eVである。図11にZnB型結晶のバンドギャップと格子定数の関係の概要を示す。GaPが2.3 eVの程度、SiC(ZB)が2.2 eVの程度のバンドギャップを持つ。バンドギャップからいうと、これらが本発明の青色素子材料としては下限になる。

【0021】本発明の発光素子としてはバンドギャップが2.2 eV~3.5 eVの任意の材料を使うことができる。その中でも特に硬度が高いGa<sub>2</sub>N、SiC、GaPなどが最適である。なお、これらは一般的な結晶系を示している。実際の使用に対しては、これらの結晶系と異なる形で使用する事がある。たとえば、GaAs上にZnMgSSeを形成する場合などは、GaAsの結晶系をひきついだ状態の結晶として利用される事がある。この場合バンドギャップ等多少異なる数値として用いることがある。

【0022】光のエネルギーEλ(eV)と光の波長λ(μm)の間には次の関係がある。

$$E\lambda = 1.24/\lambda \quad (1)$$

【0023】光のエネルギーEλはバンドギャップのエネルギーE<sub>g</sub>と不純物のエネルギー深さE<sub>d</sub>を用いて次のように書ける。

$$E\lambda = E_g - E_d \quad (2)$$

【0024】ここでE<sub>d</sub>はドナーまたはアクセプターの深さ又はその両方の和である。λ=0.42 μm~0.55 μmであるとき、Eλ=2.2 eV~3.0 eVである。材料によりE<sub>d</sub>は0.01 eV程度から0.5 eV程度の各種のものがある。バンドギャップによって発光波長が決まる訳ではない。不純物レベルE<sub>d</sub>によるエネルギー降下があるからである。しかし一般にバンドギャップの広いものは短い波長の光を発生することができる。従来の光通信装置に使われていた赤色発光素子(A1GaAs、GaAsP)や近赤外発光素子のE<sub>g</sub>は1.4 eV~1.8 eVの程度である(赤外用GaAs:1.4 eV、赤外用InP:1.3 eV)。

【0025】青色発光素子はこれらの約1.5倍から2.5倍の広さのバンドギャップE<sub>g</sub>を持つ。一般にE<sub>g</sub>が大きいほど、材料中の電子は温度変化の影響を受けにくい。その理由を説明する。電子密度nと正孔密度pの積npはexp(-E<sub>g</sub>/kT)に比例する。比例定数は温度を含まないフェルミ準位をも含まない。kはボルツマン定数、Tは絶対温度、E<sub>g</sub>はバンドギャップエネルギーである。バンドギャップが小さいと温度の僅かな上昇によって電子正孔の数が著しく増えてしまう。n型域では電子を多数キャリア、正孔を少数キャリアという。バンドギャップが小さい半導体では温度上昇により、多数キャリアも少数キャリアも同じように増える。

【0026】発光素子ではp型領域からn型領域に電流が注入され、n型の電子がp型に入り、あるいはp型の正孔がn型領域に入り、これらの少数キャリアがバンドギャップを越えて再結合することによって発光する。伝導帯の電子、価電子帯の正孔が熱によって多数励起されているということは少数キャリアである電子や正孔が安定に存在するということである。安定に存在するのであればバンドを越えて発光遷移が起こりにくい。ために温度が上がると発光効率が減退する。バンドギャップの広い半導体では、温度変化によって電子正孔の増加が少ないので加熱されても発光効率が低下しない。より具体的に説明する。

【0027】図3において、Ga<sub>2</sub>Nの半導体発光素子の温度特性を実線によって示す。測定に使用した2ケのサンプルのデータを示す。何れにしても、20℃~80℃の広い範囲で特性が殆ど一定である。この範囲で0℃の時の発光量に比べて僅かに0.3 dB程度増える。また90℃の近くで0℃と同じ発光強度である。120℃で、発光量の低下は-0.4 dBの程度であり、赤色発

光素子の場合（-3.0 dB）に比べて1/8の程度である。発光特性が極めて安定しているということが分かる。

【0028】発光強度の温度依存性が小さいというのが、青色発光素子を使うことの第1の利点である。耐熱性を与える上に最も重要な条件である。それはどの青色発光素子についても言える共通の性質である。表2に青色発光素子材料のバンドギャップの例を示す。

【機械的強度の大きい素子の場合】これに加えて特定の青色発光素子を使うと、それ以外にも利点がある。それは機械的強度が大きいものがあるということである。

【0029】

【表2】

表2. 青色発光素子材料のバンドギャップ

	E <sub>g</sub> (eV)
GaN	3.39
ZnSe	2.71
ZnS	3.54

【0030】先述の青色素子の内、GaN、SiC、GaP等の素子は、赤色、赤外発光素子のGaAsに比べて機械的強度に優れる。発光素子自体が硬いので、強いワイヤボンドに耐える、強いダイボンドに耐えるという利点がある。さらに耐熱性のプラスチックを使うことができるという特長がある。従って総合的に耐熱性の優れた素子とすることができる。従来から頻用されてきたGaAsのような柔らかい素子ではこのようなことができない。GaAsに応力や衝撃を加えると、結晶中に非発光性の結晶欠陥が発生する。欠陥から劣化が起こり、長期間使用すると発光強度が低下してゆく。青色素子は機械的強度に優れるので次の長所がある。一つ一つ説明する。

【0031】①強いワイヤボンドに耐える。

赤色発光素子の代表であるGaAsは、機械的強度が劣る。衝撃により転位が発生しやすい。このためワイヤボンド時に衝撃を与えないように、圧力を減じ、温度を高めないようにしている。当然ワイヤボンドの結合力は弱い。この点で、青色発光素子は堅いので、十分な圧力温度をかけてワイヤボンドを行なうことができる。1回だけでなく、2回或は3回ワイヤボンドを行なうこともできる。ワイヤだけでなく、リボン状の広い導線をもワイヤボンドにより接続することができる。

【0032】ワイヤは金の場合には18μm～25μmφのものがよく使われる。アルミはより太いものもあり100μm～150μmのものがある。しかしこのように太いものをGaAsには付けられない。リボンワイヤは、金線で厚みが12.4μm～25μm、幅が75μ

m～500μmである。青色発光素子はこのように太いもの幅の広いものも電極パッドに付けることができる。GaAsの場合は1本のワイヤが素子とリードを接続していたので、モールド材が温度の上昇下降により膨張収縮するとワイヤがパッドから取れたり、ワイヤが切れたりすることがあった。このためにもGaAs発光素子は過度の加熱冷却ができず高温素子には不向きであった。

【0033】これに対して青色発光素子として堅い材料を使うと、強い結合のボンドが可能であるし、複数本のワイヤをつないだり、リボン導線をつないだりできるから、モールドが膨張収縮しても接続点が外れたり、線が切れたりしない。ために温度上昇下降によく耐える。高温素子としてワイヤボンドの点でも優れている。

【0034】②強いダイボンドに耐える。

従来の赤色素子のGaAsでは、熱をかけると転位が発生する恐れがあった。転位発生を防止するためにGaAs素子は導電ペーストや柔らかい低融点の合金（例えばIn半田（融点約120℃）、PbSn半田（融点約190℃））を用いてパッケージにダイボンドしていた。パッケージにチップを低温で付けているので高熱にさらされるとペーストやダイボンド材料が解ける。するとともに発光素子として全く機能しない。この点でも従来の赤色素子は耐熱性がない。チップの基材への接合材が使用温度の上限を低く限定しているということである。

【0035】これに対して青色素子の場合には結晶自体に耐熱性がある。熱をかけても結晶性が劣化しない。素子チップの劣化の心配をすることなく高融点の合金によって素子チップをパッケージにダイボンドすることができる。例えば、融点が280℃～380℃のAuSn半田やAuSi半田を用いてダイボンドすることができる。半田の融点が素子の使用温度の上限を限定するので、できるだけ高融点の半田を用いるのが良い。融点が少なくとも200℃以上の合金を半田として使うべきである。

【0036】③熱に強いプラスチックをモールド材料に使うことができる。

発光素子や受光素子チップは基板に付けて全体をプラスチックによってモールドすることもできる（図1の構造）。この場合、機械的強度のあるチップであれば、モールドのプラスチックも強いものを利用することができる。プラスチックの熱的性質を表現するものとしてガラス転移点という温度がある。これ以上の温度になるとプラスチックがガラス状に転移し脆くなり、もはや使いものにならないという温度である。ガラス転移点が低いということは熱に弱いということである。

【0037】しかしガラス転移点の低いプラスチックは柔らかくて柔軟性に富む。GaAsのようにそれ自身に強度のないチップの場合は、柔らかいプラスチックによって全体を覆う必要がある。もしも硬いプラスチックによって弱いものをモールドすると、熱膨張熱収縮が素子との境界に強い応力を発生させる。硬質のプラスチック

によってGaAsを包み込むと、熱膨張収縮によりチップのダイボンドが取れたりワイヤボンディングが外れたりする。それで柔らかい素子の場合は、硬質のガラス転移点の高いプラスチックを使用できなかった。従来はガラス転移点が125℃以下のプラスチック材料を使っていた。この場合、温度の上限は精々85℃である。

【0038】しかし青色素子のGaN、SiC、GaPなどは機械的強度に富むので硬質のプラスチックによってモールドすることができる。ガラス転移点が140℃程度の物を使うことができる。そのような材料を使うと材料の耐熱性は120℃程度に向上する。硬質材料を使うことの理由のひとつは素子チップ自体の硬さ、堅牢さにある。しかしもちろんそれだけでは足りない。

【0039】前述のように機械的強度の高いチップは高融点半田によってダイボンドできる。またワイヤボンディングを何本も付けることができる。リボンワイヤを接合することもできる。ワイヤボンディング部も極めて頑健である。ために硬質のプラスチックによって覆っても、ダイボンディング部が外れない。ワイヤボンディングも外れにくい。たとえ1本外れたところで他のワイヤが導通を維持するので問題ない。

【0040】〔機械的強度の低い素子の場合〕広いバンドギャップや耐熱性ということから言えば、ZnS、ZnSe、ZnCdS、ZnMgSSeなどのII-VI族半導体及びこれらの混晶なども本発明の発光素子として利用することができる。しかしこれらの材料は、前記のGaN、SiC、GaPに比べると強度が低い。強い力がかかるような高ガラス転移のプラスチックによってモールドするのは適さない。これらの柔らかい材料の場合は、メタルカンのパッケージにチップを実装しAlによって配線する方がよい。更に温度範囲についても前記のGaN、SiC、GaPよりは低い温度域で使用するの

【0041】〔②光ファイバ〕光ファイバとしては、PMMA（ポリメチルメタクリル）系列の材料を用いる。この光ファイバは、0.60μm～0.67μmに伝送損失が少なくなる領域がある。その他に、より短波長の0.45μm～0.57μmにも伝送損失の小くなる部分がある。前述のように本発明は青色の領域を0.42μm～0.55μmと定義している。この範囲に合致しているから、PMMA光ファイバは青色の光をよく通すことができる。このファイバは耐熱性にも優れており、125℃で1000時間の耐用試験をしたが、これに合格している。

【0042】PC系（ポリカーボネイト）系の光ファイバは耐熱性は優れているが青色の波長の光に対しては伝送損失が大きい。PMMAファイバの約5倍～10倍の損失である。やはりPMMAファイバが好適である。

【0043】〔③受光素子〕SiフォトダイオードあるいはGaAsPフォトダイオードを用いる。GaAsP

フォトダイオードは青色に対する感度がSiよりも高いので一層適する。いずれのフォトダイオードを使うにしても青色波長域に適合した設計をするべきである。受光素子の特性は半導体のバンドギャップだけで決まるのではない。光の吸収層の構造を青色波長帯に合わせることで、反射防止膜を青色波長帯に合わせることなどの注意が必要である。このような処理によって、0.4μm～0.7μmの範囲の波長域に十分な受光感度を持つフォトダイオードを製造することができる。

10 【0044】〔④周辺回路〕本発明の発光素子、受光素子はそれぞれ単独の素子としてパッケージに収容して用いてもよい。さらにより進んで、発光素子とその駆動回路、制御回路、受光素子の増幅回路などのICをこれら素子と一体に組み込んでもよい。SiフォトダイオードとICを組み合わせた耐高温規格のものがあるのでこれを用いてもよい。

20 【0045】〔⑤パッケージ〕本発明の素子をパッケージに収容する必要がある。単独でパッケージに入れるにしても、ICと共に収容するにしてもよい。安価なパッケージ構造とするには、リードフレームと透明なプラスチックモールドを利用する。プラスチックによってモールドする構造は、既に述べているように素子自体に機械的強度がある場合に好適である。ガラス転移点の高い耐熱性の高い透明のプラスチックを使ってモールドする。プラスチックモールド構造は安価である。

30 【0046】しかし、素子自体に強度がない場合、或いは高信頼性を追求する場合はメタルカン型パッケージを使う。金属のステムとキャップを持ち、気密封止したものである。キャップの内部が中空構造であるから、温度変化によって熱膨張、熱収縮などによる応力がチップやワイヤにかからない。溶接によって密封しているので気密性が高い。温度による劣化が殆ど起こらない。

40 【0047】〔⑥電極、ワイヤ〕ワイヤボンディングには金を使う場合が多い。しかし電極がAlである場合、金（Au）をワイヤに使うと、パープルブレーグと呼ばれる劣化現象を生じる。これはAlとAuの合金化反応によるものである。合金化が進行すると、いろいろな比率のAuAl合金が発生する。異なる組成の合金の熱膨張率の差により強い応力が生ずる。また合金化によって体積変化が起こるが、これによりボイドが発生することがあり、接合部が不安定になったり断線したりすることがある。そこで高信頼性を要求する場合は、素子の電極をAlとしてワイヤもAlとするのがよい。

【0048】

【実施例】図1は本発明の実施例に係る光送信装置の発光素子、受光素子の部分をリードフレームとプラスチックモールドによって作った例を示す斜視図である。薄い金属板を打ち抜いてリードフレーム1とする。これは目的によって多様な形状をする。この例では、平行な4本のリード2が単位になっている。リード2の先端にはタ

イバンド3があつてリード2を纏めている。複数の素子を同時に製作するのでリードフレーム1は多くの繰り返しパターンを持つ。タイバンド3の部分が前後に連続するが、ここでは単位の部分だけを示す。

【0049】リードフレーム1はコンデンサ用パターン4、IC用パターン5、発光素子または受光素子用パターン6などを先端部に備える。リードフレームのパターンの予め定められた部位にチップコンデンサ7、IC8、発光ダイオードまたは受光ダイオード9をダイボン

ドする。これは高融点の半田を使う。ICは、発光ダイオードの場合はこれの駆動回路である。受光ダイオードの場合ICは増幅回路である。これは図8の光送信モジュール或いは光受信モジュールに対応する。

【0050】ダイオード9とIC8とはワイヤボンディングによって接続される。この際同じ電極対間において2本あるいは3本のワイヤを接続する。この後、透明で耐高温性のあるプラスチックによってリードフレーム、コンデンサ7、IC8、ダイオード9の全体をモールド

する。透明であるから光を通す。光ファイバをダイオードに対向させて設置する。モールドが固化すると、リード2の破線によって示した部分13を切断する。これは安価な実装法である。プラスチック自体が耐熱性を持つものである。従来の赤色光リンクの場合はガラス転移点

が125℃程度であった（耐用温度はせいぜい85℃）。本発明の場合はガラス転移点が140℃以上のプラスチックを使う。するとプラスチックの耐用温度を120℃以上に高めることができる。

【0051】発光素子は例えばGaN青色発光ダイオードである。ファイバはPMMAファイバを用いる。受光素子はSiフォトダイオードを使っている。既に一度説明したが図3の実線は0℃を基準として-40℃~115℃におけるGaN発光ダイオードの温度特性図である。115℃まで発光特性の低下が殆どない。

【0052】図2は金属パッケージに素子を收容した例を示している。金属ステム14の下には幾つかのリード15が付いている。ステム14の上面には、IC16、受光ダイオード又は発光ダイオード17がダイボン

ドしてある。これは高融点の合金を使う。IC16はステム14と2本のワイヤ18によって接続される。同じグランド端子を2本の線

【0054】図4はメタルカンのSiフォトダイオードの伝送波形歪みを測定したものである。横軸は温度、縦軸は歪み量である。丸の記号は10kbp s 伝送時の歪み、四角点の記号は300kbp s 伝送時の歪みである。菱形点は1Mbpsの伝送時の歪みである。許容量は120nsである。歪みの定義は図5に示す。デューティ50%の矩形波送信パルスを送るものとする。このパルス幅を $t_r$ とする。

【0055】受信パルスの幅を $t_r$ とする。全く歪みがないと受信パルスも矩形でデューティが50%になる。しかし受信パルスは少し伸びる。この伸びの量を歪みと定義している。受信パルスの幅を $t_r$ として歪みを $|t_r - t_r|$ とする。これをパルス幅で割らないので、送信レートの低い方(10kbp s)での歪みが大きくなる。10kbp s~1Mbpsの信号に対して、20~130℃の温度範囲において許容限度(120ns)内であることが分かる。

【0056】信号歪みだけから言えば従来は高々85℃までしか使えなかった光リンクを130℃まで利用できるようになる。図6は光ファイバと結合するためのコネクタと一体にしたモジュールの構造を示す。発光素子または受光素子パッケージ30がレセプタクルのハウジング31に挿入され、押さえ金具32によって固定される。ハウジング31の前端には光ファイバのコネクタが入る接続穴33が開口している。ハウジング31からアース片34が突き出ている。ハウジングには抜け止め片35、穴36がありパッケージ30が容易に抜けないようになっている。

【0057】ハウジングに挿入すべき発光素子または受光素子のパッケージは図6の(b)、(c)、(d)に示すように幾つかの種類がある。(b)は図1で説明したものと同じである。リードフレーム39にチップを取り付け高耐熱性のプラスチック38によってモールドしたものである。(c)は金属ステム40に窓41付き金属キャップ42を付けたものである。これは図2において説明したものである。リード43を折り曲げている。これを図6のハウジング後方の空間に挿入するよう

にしても良い。

【0058】(d)は金属ステムまたはセラミックステム44にチップを取り付け、穴付きの蓋板45を取付けたものである。図6に示した例はこれである。いずれも発光素子とIC、受光素子とICを組み合わせて收容すると便利である。もちろん単独に発光素子と受光素子のみを收容するようにしても良い。ダイオード素子だけを收容する場合はサイズが小さくなりピンも少ない。図7は単独のダイオード素子だけを收容した構造を示す。図7の(a)は透明のプラスチック46によってダイオード素子のみをモールドしたものである。図7の(b)は窓48付きのメタルカン47にダイオード素子を収納したものである。何れも発光素子や受光素子のパッケージ

としてはありふれた構造である。これらを図7の(c)のようなホルダー49に入れて使用しても良い。

【0059】図8は光リンクの構成図である。既に説明したものである。従来は赤色素子を使っていたが本発明は青色素子を使い青色光を信号伝達媒体とする。その他の構造は従来の光通信装置と同じである。図9のように本発明の装置はエンジン室とその外の部位との信号伝送に用いることができる。電子信号に頼る場合に比較して、本発明はノイズに強く誤動作しないという利点がある。また自らノイズ源にならないという長所もある。さらに光を信号媒体とするから、より高速の信号をもやすやすと扱うことができる。何と言っても本発明の特長は耐熱性の青色発光素子を光リンクの光源に用いたという点にある。表3は青色発光素子のGaNの特性の一例である。

【0060】

【表3】

表3. GaN発光ダイオードの特性例

(材質: GaN)

代表項目	平均値	条 件
順方向電流	3.6 V	$I_f = 20 \text{ mA}$
発光出力	1.2 mW	同 上
ピーク波長	450 nm	同 上
スペクトル 半値幅	70 nm	同 上

表4. 駆動電流  $I_f = 20 \text{ mA}$  の場合の  
LEDの発光パワーの温度変化

	温 度 (°C)	-40	-25	25	100	115
P F	青色LED (dBm)	-12.7	-12.3	-12.0	-12.6	-12.7
	赤色LEDNo. 1 (dBm)	-8.8	-8.8	-8.8	-10.0	-10.5
	赤色LEDNo. 2 (dBm)	-18.7	-17.0	-18.0	-19.8	-20.3
V F	青色LED (V)	4.07	3.95	3.65	3.40	3.36

【0063】光の出力の単位はdBmである。温度は-40°C~115°Cの範囲で変化させている。No. 1の赤色LEDは発光パワーが大きい温度上昇と共に急速にパワーが下る。これに引き替え青色素子は発光パワーは小さいが温度による変動が殆どない。下の欄は青色LEDについて順方向電圧VFである。温度と共に順方向の電圧降下が減っている。しかしこれも小さい変化に過ぎない。青色発光素子の動作は120°Cまでの温度域に

\* 【0061】駆動電流  $I_f$  が20mAの時の、平均の順方向電圧は3.6Vである。同じ駆動電流での発光強度は1.2mWである。スペクトルのピーク波長が450nmである。スペクトルの半値幅が70nmである。もちろんこれはGaNダイオードの一例に過ぎない。GaNでも様々の特性のものを作ることができる。さらにGaN青色発光素子と、市販の2種類のGaAlAs赤色LEDのファイバ端での光出力PFの温度変化を測定した。駆動電流はいずれも20mAである。表4にその結果を示す。

【0062】

【表4】

において極めて安定している。

【0064】図12は電流が20mAの時の順方向電圧降下(V)の温度変化を示す。これはふたつの試料の間で殆ど差がない。順方向の電圧が温度上昇と共に下降する。これは4V(-40°C)~3.3V(115°C)の変化である。小さい変化である。

【0065】図13の(1)は青色発光ダイオードの駆動電流  $I_f$  と受信感度の関係を示す。信号速度は1Mb

p sである。駆動電流は16mA、20mA、24mAである。試料の数は3個である。駆動電流の変化に対して受信感度の変動は極めて僅かである。図13の(2)は青色LEDの感度歪み曲線である。信号の速さは1Mbpsである。デューティは50%である。歪みの定義は先に述べた。受信信号の幅から送信信号の幅を差し引いた値が歪みである。横軸が感度(dB)、縦軸が歪み(ns)である。感度の低下に伴い歪みの増える試料もある。反対のものもある。しかし歪み変化は比較的少ないといえることができる。

#### 【0066】

【発明の効果】従来赤色光を信号に使う光通信装置が構築された。赤色素子は耐熱性がないので高温になる部分には利用できない。高温になる部分は電気信号によりリンクが作られる。本発明は青色光を信号に用いる。青色発光素子は、バンドギャップが広いので高熱によく耐える。自動車のエンジンルーム内あるいはエンジンルームと他の部位をつなぐ信号伝送を電気信号から、青色光に変えることができる。エンジンルームは放電により電氣的ノイズの発生しやすいところであり電気信号は極めて不適当である。本発明はこれを光信号に置き換えることができる。耐熱性に富んだ青色発光素子を用いるからである。

【0067】自動車のエンジンルーム以外にも、高温にさらされ電磁ノイズの発生しやすいものに本発明は好適である。例えば、焼結合金などを製造する高温炉を設置して工場に用いることができる。またボイラ室の管理や自動制御に本発明を利用できる。高温にさらされる化学反応炉を使用する工場にも有効利用できる。実施例では青色発光ダイオードを発光素子としているが、青色発光レーザを発光素子に利用しても良い。バンドギャップが広くて高温特性が優れているという点は共通である。

【0068】受光素子はSi-PDの他に、GaAsP-PDを使うこともできる。発光素子としてGaN、GaP、SiCを使うと耐熱性のプラスチックによってモールドした構造とすることができる。発光素子チップを高融点の半田によりダイボンドでき、強固なワイヤボンディングを行なうことができる。いずれも加熱冷却の熱サイクルに良く耐えるような工夫を可能にしている。青色発光素子を採用することによって様々な部分を耐熱性のものによって製造することができるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】リードフレームの上にダイオードチップやICチップをダイボンドし透明プラスチックによってモールドした本発明の発光素子、受光素子パッケージの概略斜視図。

【図2】メタルカン型のパッケージにダイオードチップやICチップを取付けた本発明の発光素子、受光素子パッケージの分解斜視図。

【図3】赤色発光ダイオード及び青色発光ダイオードの

発光出力の温度特性を示すグラフ。

【図4】デューティ50%で10kbps、300kbps、1Mbpsの信号を発光素子で発生させこれを受光素子で受光した時の歪みの温度変化を示すグラフ。

【図5】波形歪みの定義を説明するための送信、受信パルス波形図。

【図6】本発明の送信、受信モジュールをファイバと連結するためのレセプタクルを示す斜視図。(a)がレセプタクル全体図、(b)が素子を透明プラスチックでモールドしたもの、(c)は素子をメタルカンに実装したもので、(d)が金属またはセラミックスシステムに実装したものである。

【図7】単独の発光ダイオード、受光ダイオードを収容するパッケージの例を示す斜視図。(a)はプラスチックモールド、(b)はメタルカンパッケージ、(c)はこれらを収納するホルダーを示す。

【図8】光送信モジュール、光ファイバ、光受信モジュールよりなる光リンクの概略構成図。

【図9】自動車のエンジン室と車室内を光リンクによって接続することを示す概略斜視図。

【図10】Wurtzite結晶系の半導体材料を、その格子定数と、バンドギャップEg(波長λ)とを二次元座標として点によって表現したグラフ。

【図11】ZnB型結晶半導体材料を、その格子定数と、バンドギャップとを二次元座標として点によって表現したグラフ。

【図12】青色LEDの順方向電圧降下の温度特性を示すグラフ。

【図13】青色LEDの受信感度、歪みを示すグラフ。

(1)が電流を変えた時の受信感度の変化を示すグラフ。(2)が受信感度に対する歪みの変化を示すグラフ。

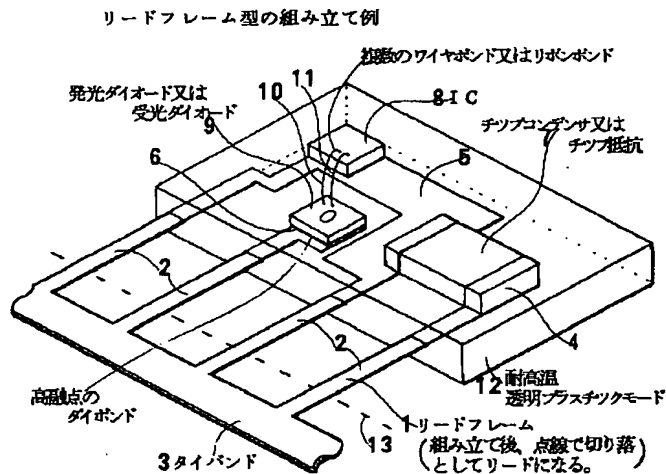
#### 【符号の説明】

- 1 リードフレーム
- 2 リード
- 3 タイバンド
- 4 コンデンサチップ用パターン
- 5 ICチップ用パターン
- 6 ダイオード用パターン
- 7 コンデンサチップ
- 8 ICチップ
- 9 ダイオードチップ
- 10 ワイヤ
- 12 透明プラスチックモールド
- 14 金属ステム
- 15 リード
- 16 ICチップ
- 17 受光ダイオードまたは発光ダイオード
- 18 ワイヤ
- 30 発光素子又は受光素子

17

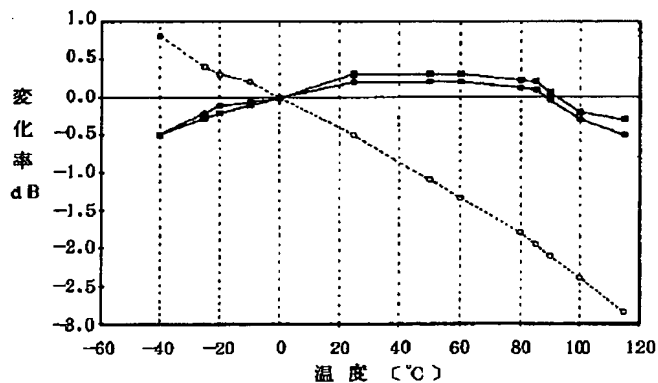
- 31 レセプタクルのハウジング  
32 押さえ金具

【図1】



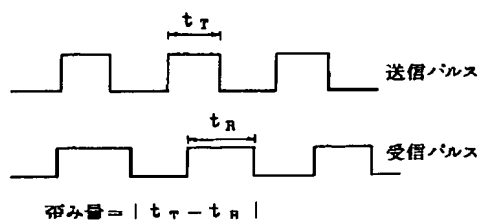
【図3】

LEDの温度特性  
0℃を基準とした変化率



- 青色LED/No.1  
—■— 青色LED/No.2  
---○--- 赤色LED

【図5】

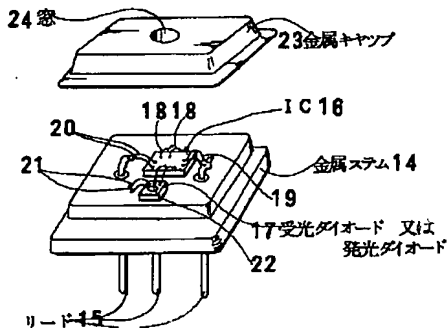


18

- \* 33 接続穴  
\* 34 アース

【図2】

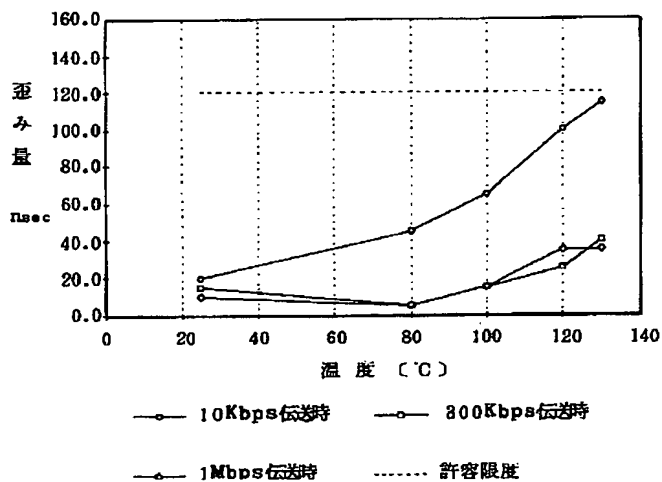
メタルカン型の組み立て例



【図4】

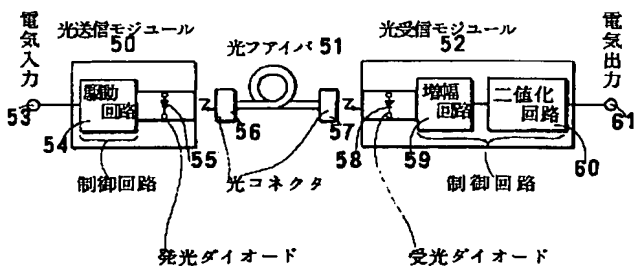
波形歪みの温度特性

1:1パターン

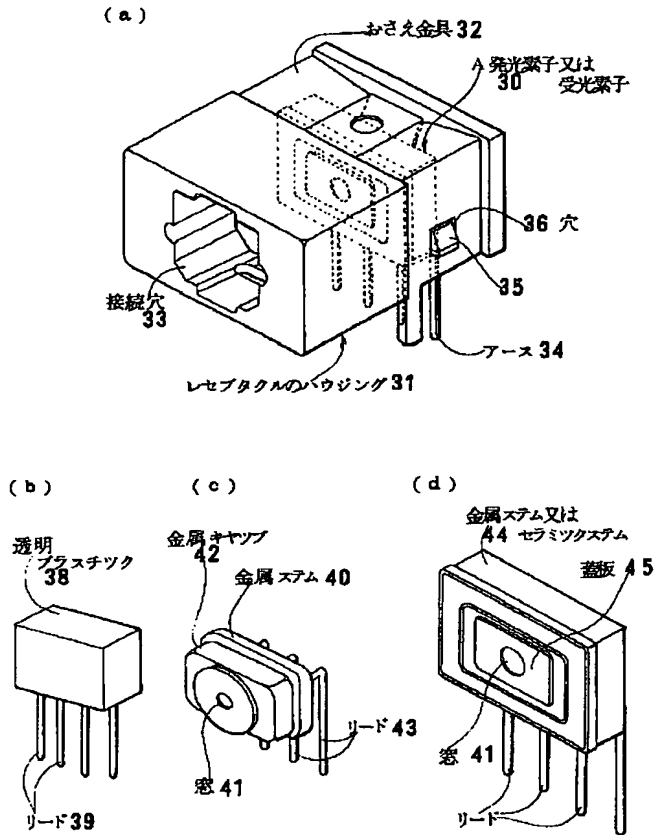


【図8】

光リンクの構成図

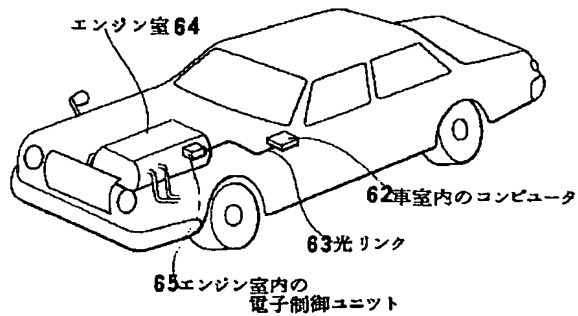


【図6】

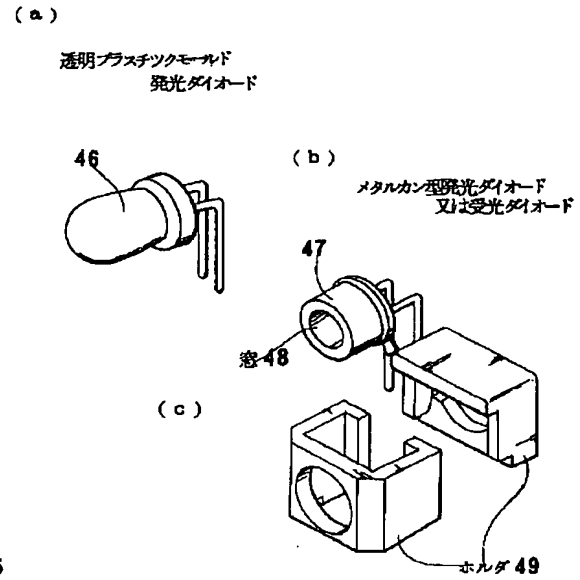


【図9】

エンジン室への使用

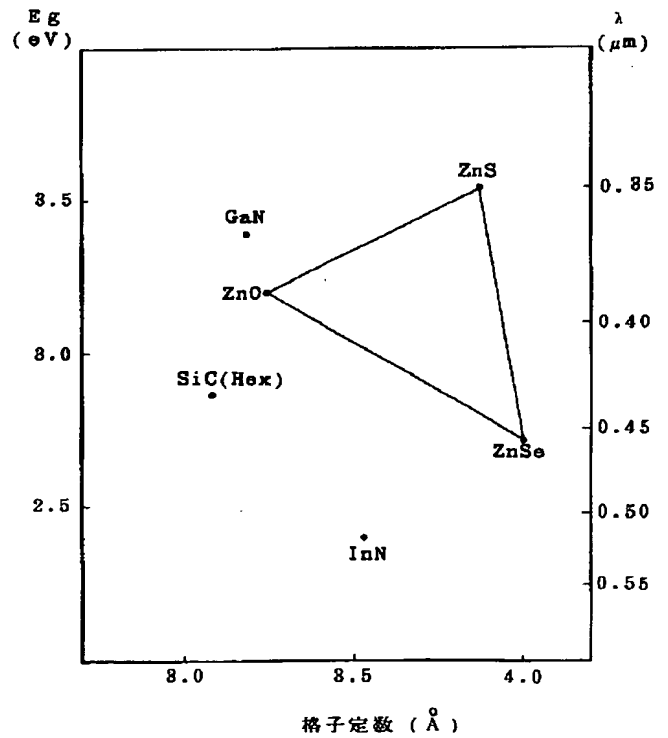


【図7】

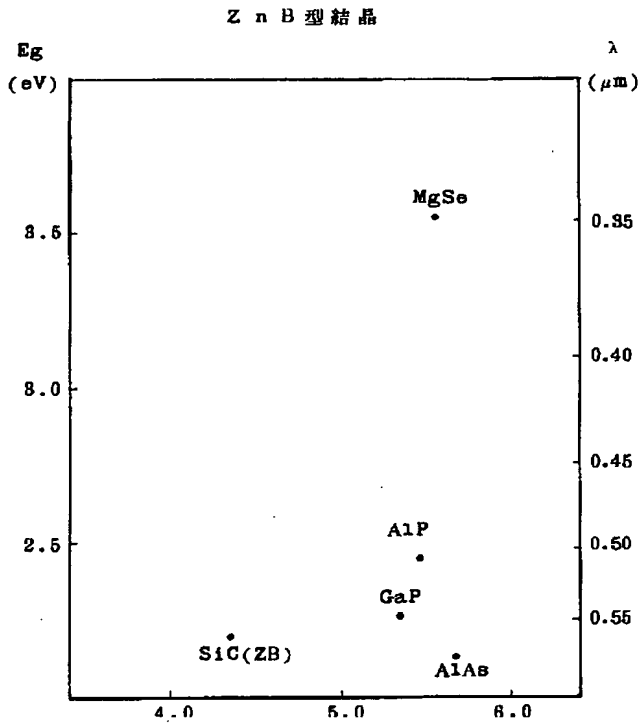


【図10】

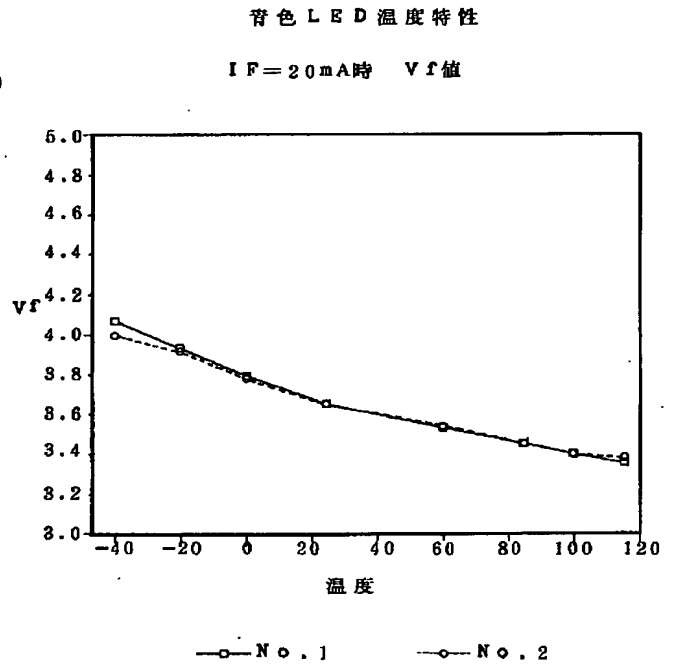
Wurtzite 結晶



【図11】

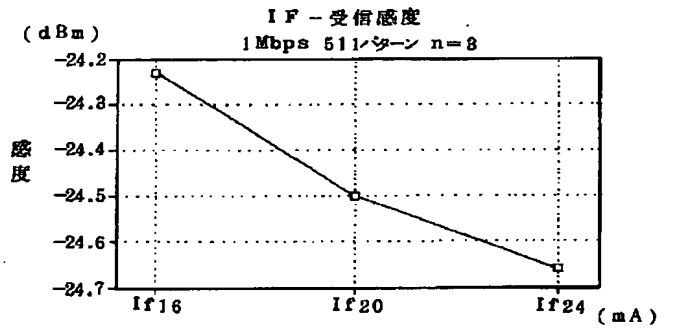


【図12】

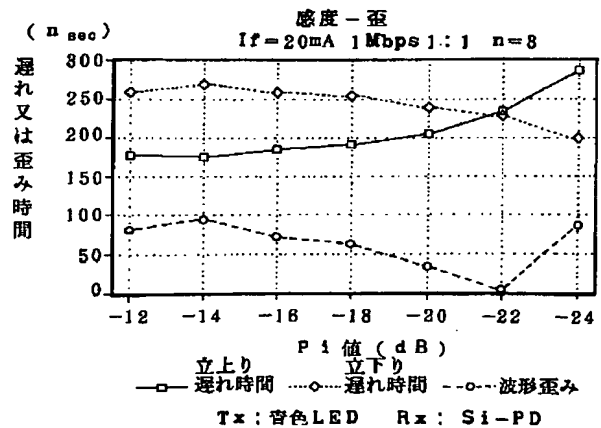


【図13】

## (1) 青色LED



## (2) 青色LED



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H 0 4 B 10/12

H 0 1 L 31/02

33/00

H 0 4 B 10/28

10/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

N

H 0 4 B 9/00

W